



## AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 60 L / 305 809 1	(22)	07.08.87	(44)	14.12.88
(71)	Zentrales Forschungsinstitut des Verkehrswesens, Zentrum für Prozeßautomatisierung, Markgrafendamm 24, Berlin, 1017, DD				
(72)	Rath, Wolfgang, Dr.; Patzwaldt, Heinz, Dipl.-Ing., DD				
(54)	Verfahren zur energiesparenden Steuerung von in Aufeinanderfolge verkehrenden schienengebundenen Verkehrsmitteln				

(55) Verfahren, Energieoptimierung, Steuerung, schienengebundenen Verkehrsmitteln, Aufeinanderfolge, Verspätung, Zugfolgezeit, Zeitmessung, rückwärtszählend, Fahrzeitvorrat, Fahrstrategie, pünktlichkeitsanstrebbend

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur energiesparenden Steuerung von in Aufeinanderfolge verkehrenden schienengebundenen Verkehrsmitteln, wobei jedes einzeln energieoptimal gesteuert wird. Sie ist vorrangig in Verkehrssystemen mit einer dichten Aufeinanderfolge der einzelnen, sich gleichenden Verkehrsmittel anwendbar. Bei Verspätung eines Verkehrsmittels werden dem nachfolgenden Verkehrsmittel Daten über die verbleibende Zeitdifferenz bis zum Ablauf der maßgebenden Zugfolgezeit übermittelt, indem von einem von einem Haltepunkt abrückenden Verkehrsmittel eine rückwärtszählende Zeitmessung in Gang gesetzt wird, deren Anfangswert der für den vorausliegenden Streckenabschnitt gültigen maßgebenden Zugfolgezeit entspricht und im Moment des Abrückens des nächsten Verkehrsmittels stoppt und damit den Zeitzuschlag anzeigt, der additiv zum Fahrzeitvorrat verwendet wird, um eine neue Fahrstrategie mit optimalem Energieverbrauch zu ermitteln, wobei das Verkehrsmittel im gleichem Maße, wie das vorausfahrende pünktlichkeitsanstrebbend fährt.

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur energiesparenden Steuerung von in Aufeinanderfolge verkehrenden schienengebundenen Verkehrsmitteln, von denen jedes einzeln energieoptimal gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verspätung eines Verkehrsmittels dem nachfolgenden, den gleichen Verkehrsweg benutzenden Verkehrsmittel Daten über die verbleibende Zeitdifferenz bis zum Ablauf der maßgebenden Zugfolgezeit übermittelt werden, indem im einfachsten Fall und unter den Bedingungen des Verkehrs gleichartiger Verkehrsmittel, wie dies normalerweise bei Stadtschnellbahnen der Fall ist, von einem Haltepunkt abrückenden Verkehrsmittel über Gleisschaltmittel eine rückwärts laufende Zeitmessung in Gang gesetzt wird, deren Anfangswert der für den vorausliegenden Streckenabschnitt gültigen maßgebenden Zugfolgezeit entspricht und daß diese für den Fahrzeugführer des folgenden Fahrzeugs sichtbare Zeitmessung bei Erreichung des Wertes „0“ stoppt, frühestens aber im Moment des Abrückens des nachfolgenden Verkehrsmittels und damit den Zeitzuschlag anzeigt, der vom Fahrzeugführer des letzteren manuell in die elektronische Steuerung einzugeben ist und nunmehr von dieser Steuereinrichtung als Zuschlag additiv zum selbsttätig ermittelten Fahrzeitvorrat (vom einzelnen Verkehrsmittel für sich ermittelte Fahrzeit bis zum nächsten Halt, um mit geringstem Energieaufwand sukzessiv pünktlicher zu werden) verwertet wird, um nunmehr mit Hilfe der Steuereinrichtung in bekannter Weise eine neue Fahrstrategie mit optimalem Energieverbrauch zu ermitteln, wobei die neue Fahrzeit so ermittelt ist, daß das Verkehrsmittel sicherungstechnisch ungestört die Signale bis zum nächsten Halt passiert und dabei im gleichem Masse, wie das vorausfahrende Verkehrsmittel pünktlichkeitsanstrebend fährt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitmeßeinrichtung den Zeitzuschlag als drahtlose Information (Datentelegramm) der Steuereinrichtung des nachfolgenden Verkehrsmittels eingibt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitmeßeinrichtung von einem auf einem anderen Fahrweg abrückenden Verkehrsmittel in Gang gesetzt werden kann, wenn dieser andere Fahrweg in den vom beirachteten Verkehrsmittel befahrenen Fahrweg noch vor dessen nächstem Halt einmündet oder diesen berührt, wobei dieses Verkehrsmittel erst nach dem Vereinigungspunkt ein nachfolgendes wird, diesen Punkt also als zweites passiert.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung des auf dem gleichen Fahrweg oder auf dem in diesen einmündenden oder auf dem diesen berührenden vorausfahrenden Verkehrsmittels mit dem nachfolgenden direkt oder über eine betriebsleitende Zentrale, kommuniziert, indem diese in der Steuereinrichtung des nachfolgenden eine interne Zeitmessung in Gang setzt und die letztere ihren Anfangswert aus ihrem Speicher entnimmt, in welchem die maßgebenden Zugfolgezeiten zusammen mit den übrigen kennzeichnenden Daten jedes einzelnen Streckenabschnittes abgespeichert sind.

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur energiesparenden Steuerung von schienengebundenen Verkehrsmitteln, bei denen die aus der Aufeinanderfolge der einzelnen Verkehrsmittel resultierenden Beeinflussungen durch Verspätung des vorausfahrenden Fahrzeugs berücksichtigt werden.

Sie ist vorrangig in Verkehrssystemen, die durch eine dichte Aufeinanderfolge der einzelnen und sich im wesentlichen in ihren Parametern gleichenden Verkehrsmitteln gekennzeichnet sind, anwendbar.

**Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Bekannt ist ein Verfahren zur energiesparenden Fahrweise beim Nahverkehr (DD B 60 L 15/20, Nr. 129761), die erreicht wird, indem bei erforderlichen Umschaltungen bei großen Fahrzeitreserven von Beschleunigen in Auslauf geschwindigkeitsabhängig, bei kleinen Fahrzeitreserven von Beharrungsfahrt in Auslauf wegababhängig und der jeweils zugehörige Bremsenansatzpunkt unter der Voraussetzung der Fahrplaneinhaltung wegababhängig vorausberechnet und vorprogrammiert werden, so daß bei Einhaltung der Schaltvorschrift nicht vermeidbare jedoch hinreichend kleine Abweichungen des Fahrverlaufs ausgeglichen werden. Dies Umschaltvorgaben sind vor bzw. zum Zeitpunkt des Fahrbeginns von der Steuereinrichtung bereitzustellen, wobei bei vorgegebenen konstanten Aufenthaltszeiten je Bahnhof eine ortsabhängige (zeitfeste Fahrprogrammauswahl) und bei variablen Aufenthaltszeiten eine zeit- und ortsabhängige Programmauswahl (zeitvariable Programmauswahl) zu realisieren ist. Die Reihenfolge der Schaltaktionen ist von den im Nahverkehr bekannten Fahrweisen abhängig, so daß die vier Steuerregime

BEST AVAILABLE COPY

- Anfahrt
- gegebenenfalls Bohrungsfahrt entlang der Höchstgeschwindigkeit
- Auslauf
- Bremsen

notwendigerweise nacheinander abzuarbeiten sind.

Während im Falle einer zeitfesten Fahrprogrammauswahl die Nummer bzw. Adresse einem Speicherplatz mit vorgegebener Bitzahl entspricht, besteht bei einer zeitabhängigen Fahrprogrammauswahl ein direkter Zusammenhang zwischen der aktuellen diskreten Prozeßdauer und einer Speicherplatzadresse, auf der sich das aktuelle Fahrregime abgespeichert befindet.

Die jeweilige Speicherplatzadresse für das aktuelle Fahrregime wird durch aufsummieren der zurückgelegten Streckenabschnitte bzw. von diskreten, die Prozeßdauer charakterisierenden Zeitintervallen, ermittelt. Die Speicheranordnung stellt dabei eine Kombination mehrerer Speicherschaltkreise dar, die adreßseitig parallel geschaltet werden. Damit wird es möglich bei relativ geringem Steuer- und Logikaufwand die für die digitale Darstellung der Abschaltgeschwindigkeit  $V_{AB}$ , des Abschaltweges  $s_{AB}$  und des Bremseneinsatzpunktes  $s_B$ , benötigte Informationslänge zu erreichen.

Durch die fortlaufende Prozeßdauer wird bei einer zeitabhängigen Fahrprogrammauswahl jedem Zeitintervall über einen Adressenzähler und der Speicheranordnung ein Fahrregime bereitgestellt, wobei einmal pro Streckenabschnitt bei Überschreiten einer maximalen Startzeit bzw. einer maximalen Anzahl von Zeitintervallen ein Informationsbit durch die Speicheranordnung ausgegeben wird, so daß durch Aufsummieren dieser ausgegebenen Zeitinformationen gleichzeitig eine eindeutige Zuordnung zwischen der fortlaufenden Prozeßzeit und dem nur für einen Fahrabschnitt gültigen Fahrregime erfolgt.

Das jeweils aktuelle Fahrregime wird mit Hilfe einer Starttaste in einen Zwischenspeicher übernommen und für die weitere Bearbeitung bereitgestellt. Nicht benötigte Fahrregime werden ausgeblendet.

Das angeführte Verfahren hat den Nachteil, daß eine Steuerstrategie vorgegeben wird, die einen höheren Energieverbrauch als nötig zur Folge hat, wenn wegen einer Verspätung des vorausfahrenden Verkehrsmittel die empfohlene Fahrstrategie nicht durchsetzbar ist. Damit ist einerseits die empfohlene Fahrstrategie als die sicherungstechnisch durchsetzbare, andererseits entsteht durch die Notwendigkeit des Wiederanfahrens ein weiterer zusätzlicher Energieaufwand.

Ferner wird bekanntlich eine energieoptimale Steuerung von Schienenfahrzeugen (DD B 60 L 15/20, Nr. 208324) erreicht, indem die funktionalen Beziehungen für die Abschaltpunkte  $v_{AB}$ ,  $s_{AB}$  sowie  $s_B$  und der Fahrzeit  $t_F$  auf der Basis diskreter Fahrzeiten und damit für diskrete Fahrstrategien durch eine digitale Simulation von Zugfahrten entsprechend den realen Streckenverhältnissen wie Haltepunktabstand, Weg-Neigungs- und Weg-Geschwindigkeitsprofil und den realen Zug- bzw. Fahrzeugverhältnissen wie Fahrwiderstand, Geschwindigkeits-Zugkraftcharakteristik, Zugmasse und Bremsverzögerung auf einer stationären EDVA im voraus ermittelt werden.

Diesen funktionalen Beziehungen  $v_{AB} = f(t_F)$ ,  $s_{AB} = f(t_F)$  und  $s_B = f(t_F)$  können somit zunächst durch diskrete Stützstellen beschrieben werden.

Für vereinfachte Bedingungen ist es damit unter Umständen zweckmäßig, die Funktionen  $v_{AB} = f(t_F)$ ,  $s_{AB} = f(t_F)$ ,  $s_B(t_F)$  durch eine stückweise Linearisierung darzustellen und die für beliebige Fahrzeitvorgaben gesuchten Werte  $v_{AB}(t_F)$ ,  $s_{AB}(t_F)$  oder  $s_B(t_F)$  durch Geradengleichungen, lineare Interpolationsbeziehungen o. ä. zu ermitteln. Durch eine geeignete Anzahl von Stützstellen können die durch Linearisierung verursachten Fehler in vertretbaren Grenzen gehalten werden. Die auf dem Fahrzeug zu installierende Bordelektronik hat damit vor allem, die Aufgaben der Speicherung der Stützstellen  $v_{AB}$ ,  $s_{AB}$  sowie  $s_B$  und der Abarbeitung der erforderlichen Rechengesetze. Die jeweilige Speicherplatzadresse für zu dem aktuellen Streckenabschnitt zugehörigen Stützstellen erfolgt durch Summieren der zurückgelegten Streckenabschnitte in einem Abschnittszähler und gleichfalls abgespeicherten Rechenvorschriften unter Nutzung des aktuellen Zählerstandes im Abschnittszähler. Die Abspeicherung der Werte  $v_{AB}$ ,  $s_{AB}$  und  $s_B$  wird durch je ein oder mehrere aus 8 bit bestehenden Speicherworte realisiert. Die in Abhängigkeit von der aktuellen Fahrzeitvorgabe ermittelten optimalen Umschaltunkte  $v_{AB}$ ,  $s_{AB}$  und  $s_B$  können sowohl über eine digitale Anzeigevorrichtung an den Fahrzeugführer ausgegeben werden und dieser realisiert die eigentliche Zugsteuerung (open-loop-Steuerung) als auch unmittelbar an eine selbsttätige Steuereinrichtung übergeben werden (closed-loop-Steuerung), sodaß der Triebfahrzeugführer mit Hilfe der Anzeigevorrichtung im wesentlichen nur eine Kontrollfunktion ausübt. Die bemerkenswerte Charakteristik des Verfahrens auf der Grundlage der Verarbeitung von konkreten Stützstellen besteht darin, daß sowohl Abschaltgeschwindigkeiten als auch Abschaltwege durch eine mathematische Vorschrift und mittels eines Stützstellensatzes pro Streckenabschnitt berechnet werden können. Die Ergebnisinterpretation und damit die Art und Weise der Fahrregimeempfehlung resultiert dabei unmittelbar aus dem Monotonieverhalten der für jeden Streckenabschnitt abgespeicherten Folge von Stützstellen.

Ergeben die  $n$  Funktionswerte der Stützstellen mit dem Zählindex von  $j = 1$  bis  $j = n$  eine monoton fallende Folge im strengen Sinne, so ist jede der Stützstellen und damit das Berechnungsergebnis als eine Abschaltgeschwindigkeit zu interpretieren. Weicht der Funktionswert der Stützstelle  $j = n$  von dieser Monotonie ab, wird durch diesen eine Abschaltgeschwindigkeit repräsentiert, alle übrigen  $n-1$  Funktionswerte werden als Abschaltwege identifiziert. Liegt die verfügbare Fahrzeit im Bereich der Stützstellen  $j = n-1$  und  $j = n$ , erfolgt ein Austausch der  $j = (n-1)$ -ten (Weg) — Stützstelle mit der zulässigen strecken- oder fahrzeugabhängigen Höchstgeschwindigkeit, die aus dem Wert der  $j = n$ -ten Stützstelle über vereinbarte mathematische Beziehungen oder einfache Festlegungen ermittelt werden kann. Der Funktionswert der  $j = n$ -ten Stützstelle muß dabei stets einen größeren Betrag als der der  $j = (n-1)$ -ten Stützstelle aufweisen, um als Geschwindigkeit erkannt zu werden. Diese Voraussetzung ist bei geeigneter Zahlendarstellung mit den praktischen Gegebenheiten vereinbar.

Diese Ausgestaltung des Verfahrens beseitigt dessen beschriebenen Mangel nicht.

Ein weiteres Verfahren zur Senkung des technischen und ökonomischen Aufwandes für eine automatisierte und energiesparende Zugsteuerung besteht darin (DD B 61 L 27/00, Nr. 222253), daß Fahrplan-, Strecken- und zugspezifische Informationen sowie Ordnungsbegriffe als Schlüsselinformationen aller relevanten Fahrten komprimiert in das Zugfahrten-Magazin eingetragen werden.

Für jede relevante Zugnummer existiert ein Verbindungsblock. Er enthält die betreffenden Verkehrstage für die Fahrt mit entsprechender Abfahrzeit am Startpunkt sowie Wegweiser zu den Plätzen im Zugfahrten-Magazin, an denen zugehörige Fahrplan- sowie fahrstrategische Informationen zu finden sind. Die Aneinanderreihung aller Verbindungsblöcke im Magazin ergibt die Verbindungsblockreihe. Bei der Fahrtvorbereitung sind im Rahmen eines Eingabedialogs sowie ein

BEST AVAILABLE COPY

Verkehrstrategieeregister auszufüllen. Auf dieser Basis ermittelt ein Suchalgorithmus den adäquaten Verbindungsblock sowie die Verkehrstagezuordnung und schafft damit die Voraussetzung zum Laden der aktuellen Fahrstrategie. Verkehrstage mit betriebs- und verkehrsbedingt gleichwertiger Fahrstrategie nutzen gemeinsame Wegweiser. Nach der erfolgten Starteinstellung wird das Laden der jeweils aktuellen fahrstrategischen Informationen auf der Basis von den Informationen angehängten Wegweisern gesteuert. Die fahrstrategischen Informationen existieren in Form von Blöcken, die jeweils für einen Bereich des Fahrweges mit gleichbleibender Höchstgeschwindigkeit gelten. Sie beinhalten den funktionellen Zusammenhang zwischen der Fahrzeit in einem derartigen Bereich und den Umschaltpunkten zwischen den Fahrregimephasen Antrieb und Auslauf bzw. Antrieb, Beharrungsfahrt und Auslauf, die zulässige Höchstgeschwindigkeit, die Weglänge für die diese Höchstgeschwindigkeit gilt sowie eine Codierung für die Bezeichnung des Zielpunktes. Diese Daten charakterisieren ausreichend eine Zug- und eine Streckenvariante. Die betriebsstrategischen Informationen sind ebenfalls in Form von Blöcken organisiert und beinhalten die Variante der optimalen Fahrzeitvorgabe, der Aufenthaltszeit sowie einen Faktor zur fahrzeitabhängigen Kennzeichnung des Energieaufwandes für jeden Streckenabschnitt. Für eine aktuelle Betriebs- und Fahrstrategie werden die jeweils benötigten Blöcke nach einer festgelegten Zuordnungsvorschrift selektiert und verbunden. Entsprechend den Erfordernissen lassen sich damit beliebige Kombinationen zwischen Zug- und Fahrplanvarianten realisieren. Die zu Streckenabschnitten gehörenden Blöcke werden im Zugfahrtenmagazin so aneinandergereiht, wie sie im Verlauf der Zugfahrt benötigt werden. Hierbei existieren für den jeweils ersten Geschwindigkeitsbereich der Fahrt zwischen zwei Haltepunkten ein Grundblock und für weitere, sich anschließende Geschwindigkeitsbereiche, Folgeblöcke. In Sinne der Speicherplatzökonomie wird zwischen „kompletten Folgeblöcken“ für Bereiche oberhalb einer verkehrssystembedingten Geschwindigkeitsfestlegung ( $V_s$ ) und „reduzierten Folgeblöcken“ für Bereiche mit niedrigen Geschwindigkeiten unterschieden. Der Grundblock entspricht im Aufbau und Struktur einem kompletten Folgeblock, der durch die Zielpunktcodierung ergänzt wird. Die Informationen zur Betriebs- und Fahrstrategie enthalten darüber hinaus definierte Markierungen zur Identifikation des unmittelbar vorausliegenden Geschwindigkeitsbereichs. Diese Identifikationen werden durch spezielle, auf die Struktur der Informationen zugeschnittene, Filterverfahren ausgeführt. Die mit dieser weiteren Ausgestaltung des Verfahrens verknüpfte Senkung des technischen und ökonomischen Aufwandes für eine automatisierte Zugsteuerung beseitigt ebenfalls nicht den beschriebenen Nachteil.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, weitere Energie einzusparen.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Ursache des erhöhten und für die Gewährleistung oder Wiedererlangung der Pünktlichkeit in bestimmten Situationen des Verkehrsablaufs (Verspätungen des vorausfahrenden Verkehrsmittels) nicht nutzbaren Energieaufwandes liegt darin, daß nur aus der Fahrsituation des betrachteten Verkehrsmittels gewonnene Ausgangsdaten für die Ermittlung und Vorgabe der Steuerstrategie verwendet werden, dabei im wesentlichen der aktuelle Fahrzeitvorrat bis zum planmäßigen Zeitpunkt des nächsten Halts.

Die technische Aufgabe der Erfindung besteht darin, durch Berücksichtigung der Auswirkungen vorausfahrender, aber in der Einhaltung ihres Fahrzeitenplans gestörter Verkehrsmittel dem nachfolgenden eine Steuerstrategie zu erteilen, die den beschriebenen Mehraufwand vermeidet.

Erfindungsgemäß besteht das Verfahren darin, daß bei Verspätung eines Verkehrsmittels, dem nachfolgenden, den gleichen Verkehrsweg benutzenden Verkehrsmittel Daten über die verbleibende Zeitdifferenz bis zum Ablauf der maßgebenden Zugfolgezeit übermittelt werden. Im einfachsten Fall und unter den Bedingungen des Verkehrs gleichartiger Verkehrsmittel, wie dies normalerweise bei Stadtschnellbahnen der Fall ist, wird von einem Haltepunkt abrückenden Verkehrsmittel über Gleisschaltmittel eine rückwärts laufende Zeitmessung in Gang gesetzt, deren Anfangswert der für den vorausliegenden Streckenabschnitt gültigen maßgebenden Zugfolgezeit entspricht. Diese für den Fahrzeugführer des folgenden Fahrzeugs sichtbare Zeitmessung stoppt bei Erreichung des Wertes „0“, frühestens jedoch im Moment des Abrückens des nachfolgenden Verkehrsmittels und zeigt damit den Zeitzuschlag an, der vom Fahrzeugführer des letzteren manuell in die elektronische Steuerung einzugeben ist. Diese Steuereinrichtung verwertet diesen Zuschlag additiv zum selbsttätig ermittelten Fahrzeitvorrat (vom einzelnen Verkehrsmittel für sich ermittelte Fahrzeit bis zum nächsten Halt, um bei geringstem Energiemehraufwand sukzessive pünktlicher zu werden) um nunmehr mit Hilfe der Steuereinrichtung in bekannter Weise eine neue Fahrstrategie mit optimalen Energieverbrauch zu ermitteln. Die neue Fahrzeit ist so ermittelt, daß das Verkehrsmittel sicherungstechnisch ungestört die nächsten Signale bis zum nächsten Halt passiert und dabei im gleichem Maße, wie das vorausfahrende Verkehrsmittel pünktlichkeitsanstrebt fährt.

Eine Ausgestaltung des Verfahrens besteht darin, daß die Zeitmeßeinrichtung den Zeitzuschlag als drahtlose Information (Datentelegramm) der Steuereinrichtung des nachfolgenden Verkehrsmittels eingibt und damit den Fahrzeugführer von manuellen Eingaben entbindet.

Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens besteht darin, daß die Zeitmeßeinrichtung auch durch ein auf einem anderen Fahrweg abrückendes Verkehrsmittel in Gang gesetzt werden kann, wenn dieser andere Fahrweg in dem vom betrachteten Verkehrsmittel befahrenen Fahrweg noch vor dessen nächsten Halt einmündet oder diesen berührt, wobei dieses Verkehrsmittel erst nach dem Vereinigungspunkt ein nachfolgendes wird, also diesen Punkt als zweites passiert.

Schließlich ist das Verfahren auch in der Weise auszugestalten, daß die Steuereinrichtungen des auf dem gleichen Fahrweg oder auf dem in diesen einmündenden oder auf dem diesen berührenden vorausfahrenden Verkehrsmittels mit dem nachfolgenden direkt oder über eine betriebsleitende Zentrale, jedoch mindestens teilweise drahtlos miteinander kommunizieren, indem die Steuereinrichtung des vorausfahrenden in der Steuereinrichtung des nachfolgenden eine interne Zeitmessung in Gang setzt und die letztere den Anfangswert aus den gespeicherten Daten des zu befahrenden Streckenabschnittes entnimmt. Das setzt voraus, daß die Zugfolgezeit jedes Streckenabschnittes Bestandteil des Speichervolumens der Steuereinrichtung ist.

BEST AVAILABLE COPY

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Beispiel näher erläutert werden.

Für einen Streckenabschnitt zwischen zwei Haltepunkten existiert eine maßgebende Zugfolgezeit  $t_{zm}$ , die sich aus der sicherungstechnischen Unterteilung dieses Streckabschnittes in Blockabschnitte, den Sollfahrergeschwindigkeiten der Verkehrsmittel auf den Blockabschnitten, den technologischen und technischen Zeitanteilen für die Öffnung eines Blockabschnittes in einer solchen Art, daß seine vorherige Sperrung die Fahrweise des nachfolgenden Verkehrsmittels gerade nicht mehr beeinflußt und anderen Elementen bildet.

Diese Zeit kann größer sein, als die Zugfolgezeit  $t_z$  am Anfangspunkt des Streckenabschnittes, d. h. ein nachfolgendes Verkehrsmittel kann zwar sicherungstechnisch abrücken, stößt aber zwangsläufig vor Erreichen des Endpunktes auf ein die Weiterfahrt sperrendes Signal. Das wird insbesondere dann eintreten, wenn auch das nachfolgende Verkehrsmittel verspätet ist und dessen Steuereinrichtung demzufolge eine Fahrweise vorgibt, die auf Wiedererreichen der Pünktlichkeit gerichtet ist. Das vorausfahrende Verkehrsmittel setzt mit dem Moment seines Abrückens eine im Sekundentakt rückwärts zählende Zeitmeßeinrichtung in Gang, die für den Führer des nachfolgenden Verkehrsmittels sichtbar ist oder mit der Steuereinrichtung des nachfolgenden Verkehrsmittels kommunizieren kann, während bei einer weiteren Variante die Zeitmeßeinrichtung sich innerhalb dieser Steuereinrichtung befindet, die Verkehrsmittel also direkt oder über eine betriebsleitende Zentrale untereinander kommunizieren.

In einer anderen Grundvariante kann die genannte Zeitmeßeinrichtung in jeder ihrer drei Lösungsvarianten durch die Steuereinrichtung eines nicht auf demselben Wege befindlichen Verkehrsmittel ausgelöst werden, wenn sich dessen Fahrweg später mit dem des nachfahrenden vereinigt oder diesen berührt, wobei dieses Verkehrsmittel erst nach der Vereinigung ein nachfolgendes wird, diesen Punkt also als zweites passiert.

Der Anfangswert der Zeitmeßeinrichtung entspricht der Sekundenzahl der für den Streckenabschnitt maßgebenden Zugfolgezeit  $t_{zm}$ . Die Zeitmeßeinrichtung stoppt im Moment des Abrückens des nachfolgenden Verkehrsmittels und zeigt einen Restwert der genannten Zugfolgezeit  $t_{zm}$  an, der kleiner als der Anfangswert  $t_{zm}$  ist. Um diesen Wert muß der von der Steuereinrichtung intern ermittelte Fahrzeitvorrat  $t_{fv}$  bis zum planmäßigen Zeitpunkt des Halts am nächsten Haltepunkt erhöht werden. Die veränderte Fahrzeit beträgt mithin  $t_{fv} + t_{zm}$ .

Dies erfolgt durch manuelle Eingabe durch den Fahrer oder kommunikativ als Datentelegramm von einer stationären Zeitmeßeinrichtung der von Verkehrsmittel zu Verkehrsmittel gegebenenfalls über eine betriebsleitende Zentrale ohne Mitwirkung des Fahrers des Verkehrsmittels in der Steuereinrichtung. Die von der Steuereinrichtung ermittelte Fahrweise beruht damit auf einer längeren Fahrzeit und ist mithin weniger energieintensiv. Da sie außerdem gewährleistet, daß ein dem nächsten planmäßigen Halt ein erneutes Anfahren vermieden wird, ergibt sich ein doppelter energetischer Effekt. Der Verspätungsabbau erfolgt damit nur im gleichen Maße, wie beim vorausfahrenden Fahrzeug.

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**